



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 42 625 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
F 01 N 9/00

②1 Aktenzeichen: 198 42 625.9
②2 Anmeldetag: 17. 9. 1998
④3 Offenlegungstag: 30. 3. 2000

DE 198 42 625 A 1

⑦1 Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Schmidt, Jürgen, Dr., 75417 Mühlacker, DE;
Tiefenbacher, Gerd, Dipl.-Ing., 73733 Esslingen, DE;
Waltner, Anton, Dipl.-Ing., 71384 Weinstadt, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 197 44 738 A1
DE 195 22 165 A1
EP 06 36 770 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage mit schwefelanreichernder Abgasreinigungskomponente und damit betreibbare Verbrennungsmotoranlage

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage mit einem Verbrennungsmotor mit zugehörigem Abgasstrang, einer im Abgasstrang angeordneten, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente und Mitteln zur Desulfatisierung dieser Abgasreinigungskomponente, wobei der Anlagenbetrieb zu vorgebbaren Zeitpunkten auf einen Desulfatisierungsmodus eingestellt wird, sowie auf eine dergestalt betreibbare Verbrennungsmotoranlage.
Erfindungsgemäß wird der Betrieb der Anlage jeweils im Anschluß an eine Kaltstartaktivierung des Verbrennungsmotors vor Übergang in einen Normalbetriebsmodus auf den Desulfatisierungsmodus eingestellt. Eine erfindungsgemäße Motoranlage beinhaltet je einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig für wenigstens zwei seriell geschaltete, schwefelanreichernde Abgasreinigungseinheiten und/oder je einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig für die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente und eine stromabwärts davon angeordnete Oxidationskatalysatoreinheit.
Verwendung beispielsweise in Automobilen.

DE 198 42 625 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf eine mit einem solchen Verfahren betreibbare Verbrennungsmotoranlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 8. Anlagen dieser Art werden insbesondere in Kraftfahrzeugen eingesetzt und enthalten eine Abgasreinigungskomponente, in der sich während des Betriebs Schwefel anreichert, der im Kraftstoff enthalten ist. Solche schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponenten können insbesondere Stickoxid(NO_x)-Speicherkatalysatoren oder sogenannte Schwefelfallen sein.

Die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente bedarf von Zeit zu Zeit einer Desulfatisierung, um sie wieder vom angesammelten, meist in Sulfatform vorliegenden Schwefel zu befreien. So ist beispielsweise bekannt, daß die Schwefelvergiftung von NO_x -Speicherkatalysatoren deren Speicherkapazität herabsetzt. Weiter ist bekannt, daß die Desulfatisierung bevorzugt bei erhöhten Abgastemperaturen und fetten Abgaszusammensetzungen abläuft.

Herkömmlicherweise werden Desulfatisierungsvorgänge im laufenden Motorbetrieb immer dann durchgeführt, wenn der Schwefelgehalt in der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente ein gewisses Maß überschritten hat. Dies wird z. B. im Fall eines NO_x -Speicherkatalysators dann angenommen, wenn dessen Speicherkapazität merklich nachläßt. Bei Verfahren dieser Art, wie sie in der Offenlegungsschrift EP 0 636 770 A1 und der deutschen Patentanmeldung Nr. 197 47 222.2 beschrieben sind, wird diese nachlassende Speicherkapazität daran erkannt, daß sich die Adsorptions- und Desorptionsphasen verkürzen. Die Dauer der Adsorptionsphasen kann durch einen stromabwärts des NO_x -Speicherkatalysators positionierten NO_x -Sensor und die Dauer der Desorptionsphasen durch eine dort positionierte Lambda-Sonde überwacht werden.

Zur Durchführung der Desulfatisierungsphasen wird in der genannten EP 0 636 770 A1 vorgeschlagen, den Verbrennungsmotor von magerem auf fettes Motorluftverhältnis, d. h. Luft/Kraftstoff-Verhältnis des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemischs, umzustellen und bei Bedarf zusätzlich eine elektrische Heizeinrichtung für den NO_x -Speicherkatalysator zu aktivieren. Die jeweilige Desulfatisierungsphase wird für einen vorgegebenen Zeitraum von z. B. 10 min. beibehalten. Bei dem Verfahren der genannten deutschen Patentanmeldung Nr. 197 47 222.2 wird die Einstellung eines ausreichend fetten Motorluftverhältnisses von einer Zudosierung von Sekundärluft in den Abgasstrang stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators begleitet. Dabei kann eine Regelung und nicht nur Steuerung des Katalysatorluftverhältnisses, d. h. des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des den NO_x -Speicherkatalysator durchströmenden Abgases, vorgesehen sein, und die Katalysatortemperatur kann auf einen gewünschten Wert eingestellt werden.

In der Offenlegungsschrift DE 195 22 165 A1 sind ein weiteres derartiges Verfahren mit periodischer Desulfatisierung eines NO_x -Speicherkatalysators im laufenden Motorbetrieb bei erkanntem Nachlassen von dessen Speicherkapazität sowie eine diesbezügliche Verbrennungsmotoranlage bekannt, wobei dort zur Aktivierung einer jeweiligen Desulfatisierungsphase auf ein fetteres Motorluftverhältnis und einen späteren Zündzeitpunkt für den jeweiligen Motorzylinder umgestellt und außerdem Sekundärluft in den Abgasstrang stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators zugeführt wird. Dies erfolgt vorzugsweise so, daß während der Desulfatisierung, die für eine vorgebbare Zeitdauer aufrechterhalten wird, die Katalysatortemperatur auf einen ge-

wünschten, erhöhten Sollwert eingeregelt wird.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Verbrennungsmotoranlage der eingangs genannten Art zugrunde, bei denen eine übermäßige Schwefelansammlung in einer schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente durch entsprechende Desulfatisierungsvorgänge vermieden wird, die den normalen Motorbetrieb möglichst wenig beeinflussen und keinen nennenswerten Kraftstoffmehrverbrauch verursachen.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Betriebsverfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einer Verbrennungsmotoranlage mit den Merkmalen des Anspruchs 8 oder 9.

Gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1 wird jeweils bei einem Kaltstart ein Desulfatisierungsvorgang ausgelöst, in welchem der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage auf den entsprechenden Desulfatisierungsmodus eingestellt wird. In dem an eine Kaltstartaktivierung anschließenden Zeitraum wird der Verbrennungsmotor meist ohnehin noch nicht primär nach kraftstoffverbrauchsminimierenden Kriterien betrieben, wie sie für einen Normalbetriebsmodus bei warmgelaufenem Motor Anwendung finden können, da z. B. zunächst in einem Katalysatorheizmodus versucht wird, vorhandene Abgasreinigungskomponenten, insbesondere eine oder mehrere Abgaskatalysatoreinheiten, möglichst rasch auf Betriebstemperatur zu bringen. Dazu kann beispielsweise der Verbrennungsmotor noch nicht im sogenannten, verbrauchsgünstigen Schichtladebetrieb gefahren werden, und entsprechende Katalysatorheizmaßnahmen sind auch bei Motoren mit Direkteinspritzung zweckmäßig. Da die motorischen Katalysatorheizmaßnahmen, die beispielsweise die Einstellung eines fetten Motorluftverhältnisses beinhalten, weitestgehend mit den motorischen Maßnahmen zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente korrespondieren, entsteht durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise kein merklich höherer Kraftstoffverbrauch im Vergleich zu einem Anlagenbetrieb ohne Desulfatisierungsvorgänge. Da die Zeitabstände, zu denen spätestens wieder ein nächster Desulfatisierungsvorgang notwendig ist, typischerweise merklich größer als die Zeitabstände aufeinanderfolgender Kaltstarts sind, reichen die Kaltstart-Desulfatisierungsphasen im allgemeinen zur Erzielung einer rechtzeitigen und ausreichenden Entschwefelung aus, ohne daß zusätzliche Desulfatisierungsvorgänge bei warmgelaufenem Motor notwendig sind. Dadurch werden der normale Motorbetrieb nicht gestört und ein damit einhergehender Kraftstoffmehrverbrauch vermieden.

Bei einem nach Anspruch 2 weitergebildeten Verfahren wird nach der Aktivierung eines Motorkaltstarts der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage zunächst auf einen Katalysatorheizmodus eingestellt, bis die Temperatur der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente einen vorgebbaren Entschwefelungsmindestwert überschreitet, wonach dann der Betrieb auf den Desulfatisierungsmodus umgestellt wird. Der anfängliche Katalysatorheizmodus ermöglicht ein sehr rasches Erreichen einer ausreichenden Entschwefelungstemperatur für die zu desulfatisierende Abgasreinigungskomponente. In weiterer Ausgestaltung dieser Maßnahme kann gemäß Anspruch 3 während des Katalysatorheizmodus Sekundärluft in die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente oder stromaufwärts davon in den Abgasstrang eingespeist werden, wodurch sich in Verbindung mit der Wahl eines fetten Motorluftverhältnisses die Abgastemperatur rasch steigern läßt. Bei Umstellung auf den Desulfatisierungsmodus wird diese Sekundärluftzufuhr beendet.

Ein nach Anspruch 4 weitergebildetes Betriebsverfahren

eignet sich für Verbrennungsmotoranlagen, die im Abgasstrang stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente eine Oxidationskatalysatoreinheit, d. h. eine solche mit oxidierender Funktion, aufweisen, wie z. B. einen Dreibege-Katalysator oder einen NO_x -Speicherkatalysator. Gemäß dieser Verfahrensvariante wird während der Desulfatisierung Sekundärluft in den Abgasstrang für die Oxidationskatalysatoreinheit eingespeist, d. h. direkt in diese oder in den Abgasstrangabschnitt zwischen ihr und der momentan desorbierenden, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente. Dies erlaubt ein Oxidieren sowohl von Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen als auch von eventuell bei der Desulfatisierung entstehendem Schwefelwasserstoff.

Ein nach Anspruch 5 weitergebildetes Betriebsverfahren eignet sich für Verbrennungsmotoranlagen mit zwei oder mehr seriell hintereinanderliegenden, schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten. Verfahrensgemäß werden die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten im Desulfatisierungsmodus nacheinander entschwefelt, und zwar in einer der Abgasströmungsrichtung entsprechenden Reihenfolge. Dieser Desulfatisierungsprozeß wird von einer Sekundärluftzuführung begleitet, mit der Sekundärluft jeweils nur noch stromabwärts von derjenigen schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheit in den Abgasstrang zugeführt wird, die gerade entschwefelt wird. Damit wird einerseits eine unerwünschte Sekundärluftzufuhr zu derjenigen Abgasreinigungseinheit, die gerade desulfatisiert wird, vermieden und andererseits eine Oxidation von Kohlenmonoxid, unverbrannten Kohlenwasserstoffen und bei der Entschwefelung eventuell entstehendem Schwefelwasserstoff gewährleistet.

Bei einem nach Anspruch 6 weitergebildeten Verfahren, das nach einer Kaltstartaktivierung den Katalysatorheizmodus und anschließend den Desulfatisierungsmodus beinhaltet, wird vorteilhafterweise das Motorluftverhältnis im Desulfatisierungsmodus leicht fett eingestellt, d. h. kraftstoffreicher als das stöchiometrische Verhältnis, jedoch kraftstoffärmer als im Katalysatorheizmodus, was sich günstig auf den Kraftstoffverbrauch auswirkt.

Gemäß einem nach Anspruch 7 weitergebildeten Verfahren wird die Dauer des jeweiligen Desulfatisierungsmodus aus einer sensorischen Überwachung des Schwefelspeichers der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente oder einer modellbasierten Schätzung ermittelt. In einer solchen Schätzung finden neben der verbrauchten Kraftstoffmenge und dem Schwefelgehalt des Kraftstoffs auch zwischenzeitlich stattgefundene, natürliche Desulfatisierungsvorgänge Berücksichtigung. Darunter sind solche Desulfatisierungsprozesse zu verstehen, die bei warmgelaufenem Motor in Zeiträumen stattfinden, in denen aufgrund des aktuellen Motorbetriebszustands in der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente desulfatisierungsfördernde Bedingungen herrschen, insbesondere ausreichend hohe Temperatur und ausreichend fettes Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, wie z. B. bei Autobahn- und/oder Vollastfahrt.

Die Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 8 beinhaltet wenigstens zwei seriell in den Abgasstrang geschaltete, schwefelanreichernde Abgasreinigungseinheiten sowie Sekundärluftzufuhrmittel, die je einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig für die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten enthalten. Damit ist eine gezielte, verfahrensgemäße Sekundärluftzufuhr zur jeweiligen schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente möglich, um beispielsweise diese schneller auf Betriebstemperatur zu bringen oder im zugeführten Abgas enthaltene Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und/oder Schwefelwasserstoff zu

oxidieren.

Die Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 9 beinhaltet stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente, die eine oder mehrere serielle Abgasreinigungseinheiten umfassen kann, eine Oxidationskatalysatoreinheit. Die vorgesehenen Sekundärluftzufuhrmittel umfassen neben einem oder mehreren Sekundärluftzufuhrzweigen für die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente zusätzlich einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig für die Oxidationskatalysatoreinheit, so daß in dieser beispielsweise während eines Desulfatisierungsvorgangs in der stromaufwärtigen, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente gebildeter Schwefelwasserstoff oxidiert werden kann.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm einer Verbrennungsmotoranlage und

Fig. 2 ein schematisches Betriebsablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betrieb der Verbrennungsmotoranlage von Fig. 1.

Die in Fig. 1 gezeigte Verbrennungsmotoranlage, die insbesondere für ein Kraftfahrzeug vorgesehen sein kann, beinhaltet einen Verbrennungsmotor 1, an den sich ausgangseitig ein Abgasstrang 2 anschließt. Dem Abgasstrang 2 ist eine Abgasreinigungsanlage zugeordnet, die eine schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente in Form zweier hintereinandergeschalteter NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 und einen nachgeschalteten Dreibege-Katalysator K3 umfaßt, der unter anderem eine oxidierende Funktion hat und damit als Oxidationskatalysatoreinheit fungiert. Mit einer Bypassleitung 3, in die ein ansteuerbares Ventil 4 geschaltet ist, können die beiden NO_x -Speicherkatalysatoren bei Bedarf umgangen werden. Die beiden NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 dienen dazu, im Abgas enthaltene Stickoxide periodisch zu adsorbieren und zwecks Konvertierung, z. B. durch Abgasrückführung oder eine katalytische Reduktion, wieder zu desorbieren, wie dies an sich bekannt ist und daher hier keiner näheren Erläuterung und zeichnerischen Darstellung bedarf.

Die Abgasreinigungsanlage beinhaltet des weiteren Desulfatisierungsmittel, um die NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 vom angereicherten Schwefel, genauer von dem für die Stickoxid-Adsorptionsfunktion vergiftend wirkenden Sulfat, befreien zu können. Diese Desulfatisierungsmittel umfassen Sekundärluftzufuhrmittel in Form einer Sekundärluftleitung L1 mit zugehöriger Sekundärluftpumpe 5. Die Sekundärluftleitung L1 verzweigt sich stromabwärts der Pumpe 5 in drei Leitungszweige L2, L3, L4, von denen ein erster Zweig L2 in einen ersten Abgasstrangabschnitt 2a zwischen Motor 1 und dem stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysator K1, ein zweiter Leitungszweig L3 in einen zweiten Abgasstrangabschnitt 2b zwischen den beiden NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 und ein dritter Leitungszweig L4 in einen dritten Abgasstrangabschnitt 2c zwischen dem stromabwärtigen NO_x -Speicherkatalysator K2 und dem Dreibege-Katalysator K3 münden. Jeder Leitungszweig L2, L3, L4 kann mittels eines zugehörigen, ansteuerbaren Ventils 6, 7, 8 geöffnet und geschlossen werden.

Darüber hinaus umfassen die Desulfatisierungsmittel eine Desulfatisierungssteuereinheit, die vorzugsweise als entsprechender Steuerenteil in Software oder Hardware in ein Motorsteuergerät integriert ist, das den Motor 1 und die übrigen Komponenten der Abgasreinigungsanlage 2 steuert. Soweit die diesbezüglichen Komponenten in Fig. 1 nicht gezeigt sind, können hierfür dem Fachmann geläufige, herkömmliche Komponenten verwendet werden. Dabei sind le-

diglich die Steuereinheiten so auszulegen, daß sie die gesamte Verbrennungsmotoranlage gemäß dem nachfolgend erläuterten Verfahren betreiben können. Die Implementierung dieser Betriebsverfahrensschritte beispielsweise in das Motorsteuergerät ist dem Fachmann bei Kenntnis dieser Verfahrensschritte ohne weiteres möglich, so daß darauf hier nicht näher eingegangen zu werden braucht.

In Fig. 2 ist in Diagrammform ein Beispiel des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens für die Verbrennungsmotoranlage von Fig. 1 illustriert. Das Verfahrensbeispiel zeigt schematisch den zeitabhängigen Betriebsablauf für den Fall eines Kaltstarts. Dabei sind im Diagramm von Fig. 2 in vier übereinanderliegenden Diagrammen die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{Fzg} , die Abgastemperatur T , das Luft/Kraftstoff-Verhältnis λ und die Sekundärluftmasse m_L , d. h. die von den Sekundärluftzufuhrmitteln in den Abgasstrang 2 eingespeiste Sekundärluftmenge, in ihrem Zeitverlauf wiedergegeben.

In einer ersten, zeitlich sehr kurzen Phase A wird ein Motorstart bei kaltem Motor 1 ausgelöst, d. h. die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{Fzg} ist null und die Abgastemperatur T liegt auf Umgebungstemperatur. Nach dieser Aktivierung eines Motorkaltstarts wird der Betrieb in einer anschließenden Phase B auf einen Katalysatorheizmodus eingestellt. In diesem wird durch entsprechende Motorsteuerungsmaßnahmen und Sekundärluftzuführung eine möglichst rasche Steigerung der Abgastemperatur bewirkt, um die Abgasreinigungsanlage, speziell die Abgaskatalysatoren K1, K2, K3, schnell auf Betriebstemperatur zu bringen. Das dem Motor 1 zugeführte Luft/Kraftstoff-Gemisch wird hierzu fett eingestellt, d. h. auf einen Lambdawert kleiner eins, wie an einer entsprechenden, durchgezogen gezeichneten Kennlinie λ_M des Motorluftverhältnisses dargestellt. Gleichzeitig wird über den ersten Leitungszweig L2 Sekundärluft in den stromaufwärtigen Abgasstrangabschnitt 2a eingespeist, wie mit einer entsprechenden, durchgezogen gezeichneten, ersten Sekundärluftkennlinie m_{L2} gezeigt. Die beiden anderen Sekundärluftleitungszweige L3, L4 bleiben geschlossen.

Die Sekundärluftzuführung in den vom Motor 1 abgehenden Abgasstrangabschnitt 2a führt zu einer mageren Abgaszusammensetzung, d. h. die Lambdawerte λ_{K1} , λ_{K2} und λ_{K3} in den drei Katalysatoreinheiten K1, K2, K3 liegen über dem stöchiometrischen Wert eins, wie in Fig. 2 durch die gestrichelte Kennlinie λ_{K1} , die durchgezogene Kennlinie λ_{K2} und die strichpunktiierte Kennlinie λ_{K3} gezeigt. Wie weiter in Fig. 2 anhand entsprechender Temperaturkennlinien T_{K1} , T_{K2} und T_{K3} dargestellt, nimmt durch diese Maßnahmen im Katalysatorheizmodus die Abgastemperatur T_{K1} vor dem stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysator sehr schnell zu und erreicht am Ende dieser Heizphase B eine zur Durchführung einer anschließenden Desulfatisierungsphase ausreichende Entschwefelungstemperatur von typischerweise etwa 550°C oder mehr. Parallel dazu nehmen auch die Abgastemperatur T_{K2} vor dem stromabwärtigen NO_x -Speicherkatalysator und die Abgastemperatur T_{K3} vor dem Dreizeige-Katalysator K3 in etwas geringerem Maße zu, wobei der Dreizeige-Katalysator K3 am Ende der Heizphase B seine Anspringtemperatur für die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid erreicht hat. Wie anhand einer Geschwindigkeitskennlinie v_F zu erkennen, wird das Fahrzeug in der letzten Hälfte der Heizphase B angefahren.

Nachdem die Katalysatoreinheiten K1, K2, K3 auf diese Weise auf Betriebstemperatur gebracht wurden, wird vom Katalysatorheizmodus B auf einen Desulfatisierungsmodus umgeschaltet, der zwei aufeinanderfolgende Desulfatisierungsphasen C, D beinhaltet. In der ersten Desulfatisierungsphase C wird der Motoranlagenbetrieb primär auf die

Desulfatisierung des stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysators K1 eingestellt. Dazu wird die Zuführung von Sekundärluft über den ersten Leitungszweig L2 zu diesem NO_x -Speicherkatalysator K1 abgestellt, d. h. die zugehörige Luftmassenkennlinie m_{L2} fällt auf null ab. Gleichzeitig wird über den zweiten Leitungszweig L3 Sekundärluft in den Abgasstrangabschnitt 2b vor dem stromabwärtigen NO_x -Speicherkatalysator K2 zugeführt, wie am Anstieg einer zugehörigen, gestrichelt gezeichneten, zweiten Sekundärluftkennlinie m_{L3} zu erkennen. Das Motorluftverhältnis λ_M wird beim Übergang zum Desulfatisierungsmodus auf einen nur noch geringfügig unter dem stöchiometrischen Wert eins liegenden Wert angehoben, d. h. der Motor 1 wird leicht fett betrieben.

Durch diese Maßnahmen ändert sich das Katalysatorluftverhältnis λ_{K1} im stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysator K1 von einem mageren auf einen leicht fetten, den Desulfatisierungsvorgang fördernden Wert, während sich die Katalysatorluftverhältnisse λ_{K2} , λ_{K3} in den beiden anderen Katalysatoren K2, K3 nicht wesentlich ändern und im mageren Bereich verbleiben. In diesen Katalysatoreinheiten K2, K3 können dadurch sowohl unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid als auch das möglicherweise bei der Desulfatisierung des stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysators K1 entstehender Schwefelwasserstoff oxidiert werden. Alternativ zur gezeigten Sekundärluftzufuhr allein über den zweiten Leitungszweig L3 kann in dieser Betriebsphase mit im wesentlichen gleicher Wirkung eine Sekundärluftzufuhr nur über den dritten Leitungszweig L4 für den Dreizeige-Katalysator K3 oder eine solche über den zweiten und dritten Leitungszweig L3, L4 vorgesehen sein.

Die Dauer der Desulfatisierungsphase C für den stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysator wird mittels einer Modellrechnung bezüglich der Schwefelvergiftung ermittelt. In diese modellbasierte Schätzung des zu Beginn vorliegenden Schwefelgehalts im zu desorbierenden NO_x -Speicherkatalysator gehen als maßgebende Einflußgrößen der verbrauchte Kraftstoff und dessen Schwefelgehalt sowie die Auswertung natürlicher Desulfatisierungsprozesse ein, wie sie gegebenenfalls während einer vorangegangenen Normalbetriebs-Fahrphase mit warmgelaufenen Motor aufgetreten sein können, indem zeitweise die dafür notwendigen Bedingungen vorgelegen haben. Dies ist z. B. bei Autobahn- und Vollast-Betriebsphasen der Fall. Zusätzlich oder alternativ zu dieser modellbasierten Schätzung kann eine sensorische Diagnose des NO_x -Speicherzustands vorgesehen sein.

Sobald dann die erste Desulfatisierungsphase C für die ermittelte Dauer durchgeführt worden ist, wird auf die zweite Desulfatisierungsphase D umgeschaltet, in welcher primär der in Abgasströmungsrichtung nächste NO_x -Speicherkatalysator K2 desulfatisiert wird. Hierzu wird die Sekundärluftzufuhr über den zweiten Leitungszweig L3 für diesen stromabwärtigen NO_x -Speicherkatalysator K2 beendet, d. h. die zugehörige Kennlinie m_{L3} fällt auf null ab. Gleichzeitig wird spätestens jetzt mit der Zuführung von Sekundärluft über den dritten Leitungszweig L4 für den Dreizeige-Katalysator K3 begonnen, wie in Fig. 2 anhand einer zugehörigen, dritten Luftmassenkennlinie m_{L4} dargestellt. Das Motorluftverhältnis λ_M wird unverändert im leicht fetten Bereich belassen.

Durch diese Maßnahmen fällt das Katalysatorluftverhältnis λ_{K2} für den nun zu desulfatisierenden NO_x -Speicherkatalysator K2 vom vormals mageren in den leicht fetten Bereich ab, wie es für den Desulfatisierungsprozeß günstig ist. Das Katalysatorluftverhältnis λ_{K3} im Dreizeige-Katalysator K3 bleibt hingegen im mageren Bereich, so daß dort weiterhin die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid und gegebenenfalls bei der Desulfatisie-

nung entstehendem Schwefelwasserstoff gewährleistet ist.

Sobald dann die wiederum geeignet ermittelte Dauer der Desulfatisierungsphase D für den stromabwärtigen NO_x -Speicherkatalysator K2 abgelaufen ist, wird die Verbrennungsmotoranlage für eine nächste Phase E auf Normalbetrieb umgestellt, d. h. auf kraftstoffverbrauchs- und motorleistungsoptimierten Betrieb. Das Motorluftverhältnis λ_M wird in diesem Normalbetrieb möglichst mager eingestellt. Im Motor dadurch entstehende Stickoxide werden von den NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 adsorbiert. Sobald deren NO_x -Speicherkapazität erschöpft ist, werden sie in herkömmlicher Weise einem Desorptionsvorgang unterzogen, wozu bei Bedarf auch die Sekundärluftzufuhrmittel aktiviert werden können.

Es versteht sich, daß in der beschriebenen Weise auch mehr als zwei seriell hintereinanderliegende NO_x -Speicherkatalysatoren oder andersartige schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponenten desulfatisiert werden können.

Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren kann im übrigen auch bei Fehlen einer Sekundärluftzuführung angewendet werden, sofern es die Abgasemissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid in der Kaltstartphase zulassen. Die jeweils geeigneten Betriebsbedingungen werden dann allein durch Betriebssteuerungsmaßnahmen am Motor 1 selbst und ohne Sekundärluftzuführung in den Abgasstrang eingestellt. Insbesondere wird der Motor während der Kaltstartphase mit einem fetten Abgasgemisch versorgt, so daß einerseits eine schnelle Katalysatoraufheizung und andererseits eine Entschwefelung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente erreicht wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, die einen Verbrennungsmotor (1) mit zugehörigem Abgasstrang (2), eine im Abgasstrang angeordnete, schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente (K1, K2) und Mittel zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente umfaßt, wobei
 - der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage zu vorgebbaren Zeitpunkten auf einen Desulfatisierungsmodus eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
 - der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage jeweils im Anschluß an eine Kaltstartaktivierung des Verbrennungsmotors vor Übergang in einen Normalbetriebsmodus auf den Desulfatisierungsmodus eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage nach einer jeweiligen Motorkaltstartaktivierung zunächst auf einen Katalysatorheizmodus zur Aufheizung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente eingestellt und dann auf den Desulfatisierungsmodus umgestellt wird, wenn die Temperatur der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente einen vorgebbaren Entschwefelungsmindestwert überschritten hat.
3. Verfahren nach Anspruch 2 zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage, die des weiteren Mittel zur Sekundärluftzuführung an einer oder mehreren Stellen des Abgasstrangs (2) beinhaltet, weiter dadurch gekennzeichnet, daß im Katalysatorheizmodus Sekundärluft in die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente oder den Abgasstrangabschnitt stromaufwärts davon zugeführt und diese Sekundärluftzufuhr bei Umstellung auf den Desulfatisierungsmodus beendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage, die des weiteren Mittel zur Sekundärluftzuführung an einer oder mehreren Stellen des Abgasstrangs (2) und stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente (K1, K2) eine Oxidationskatalysatoreinheit (K3) beinhaltet, weiter dadurch gekennzeichnet, daß im Desulfatisierungsmodus Sekundärluft in die Oxidationskatalysatoreinheit oder in den Abgasstrangabschnitt zwischen der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente und der Oxidationskatalysatoreinheit zugeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4 zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage, die des weiteren Mittel zur Sekundärluftzuführung an einer oder mehreren Stellen des Abgasstrangs (2) beinhaltet und bei der die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente mehrere seriell in den Abgasstrang geschaltete Abgasreinigungseinheiten (K1, K2) umfaßt, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten (K1, K2) im Desulfatisierungsmodus in Abgasströmungsrichtung nacheinander in einer jeweils zugehörigen Desulfatisierungsphase desulfatisiert werden, wobei während der jeweiligen Desulfatisierungsphase Sekundärluft in den Abgasstrang ausschließlich an einer oder mehreren Stellen stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheit, die momentan desulfatisiert wird, zugeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, weiter dadurch gekennzeichnet, daß das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) des den Verbrennungsmotor (1) zugeführten Luft-Kraftstoff-Gemischs im Desulfatisierungsmodus kraftstoffreicher als der stöchiometrische Wert und kraftstoffärmer als im Katalysatorheizmodus gewählt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer des jeweiligen Desulfatisierungsmodus aus einer sensorischen Überwachung des Speicherzustands der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente und/oder einer modellbasierten Schätzung der gespeicherten Schwefelmenge ermittelt wird, wobei die Schätzung wenigstens in Abhängigkeit vom verbrauchten Kraftstoff und dessen Schwefelgehalt sowie von während eines vorangegangenen Normalbetriebsmodus eventuell stattgefundenen, natürlichen Desulfatisierungsprozessen erfolgt.

8. Verbrennungsmotoranlage, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit

- einem Verbrennungsmotor (1) mit zugehörigem Abgasstrang (2),
- einer im Abgasstrang angeordneten, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente (K1, K2) und
- Mitteln zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente, die Sekundärluftzufuhrmittel umfassen, dadurch gekennzeichnet, daß
- die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente wenigstens zwei seriell in den Abgasstrang geschaltete Abgasreinigungseinheiten (K1, K2) beinhaltet und
- die Sekundärluftzufuhrmittel je einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig (L2, L3) für die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten aufweisen.

9. Verbrennungsmotoranlage, insbesondere nach Anspruch 8, mit

- einem Verbrennungsmotor (1) mit zugehörigem Abgasstrang (2),
- einer im Abgasstrang angeordneten, schwefel-anreichernden Abgasreinigungskomponente (K1, K2) und
- Mitteln zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente, die Sekundärluftzufuhrmittel umfassen, dadurch gekennzeichnet, daß
- stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente (K1, K2) eine Oxidationskatalysatoreinheit (K3) vorgesehen ist und
- die Sekundärluftzufuhrmittel mindestens je einen Sekundärluftzufuhrzweig (L2, L3; L4) für die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente (K1, K2) einerseits und die Oxidationskatalysatoreinheit (K3) andererseits aufweisen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

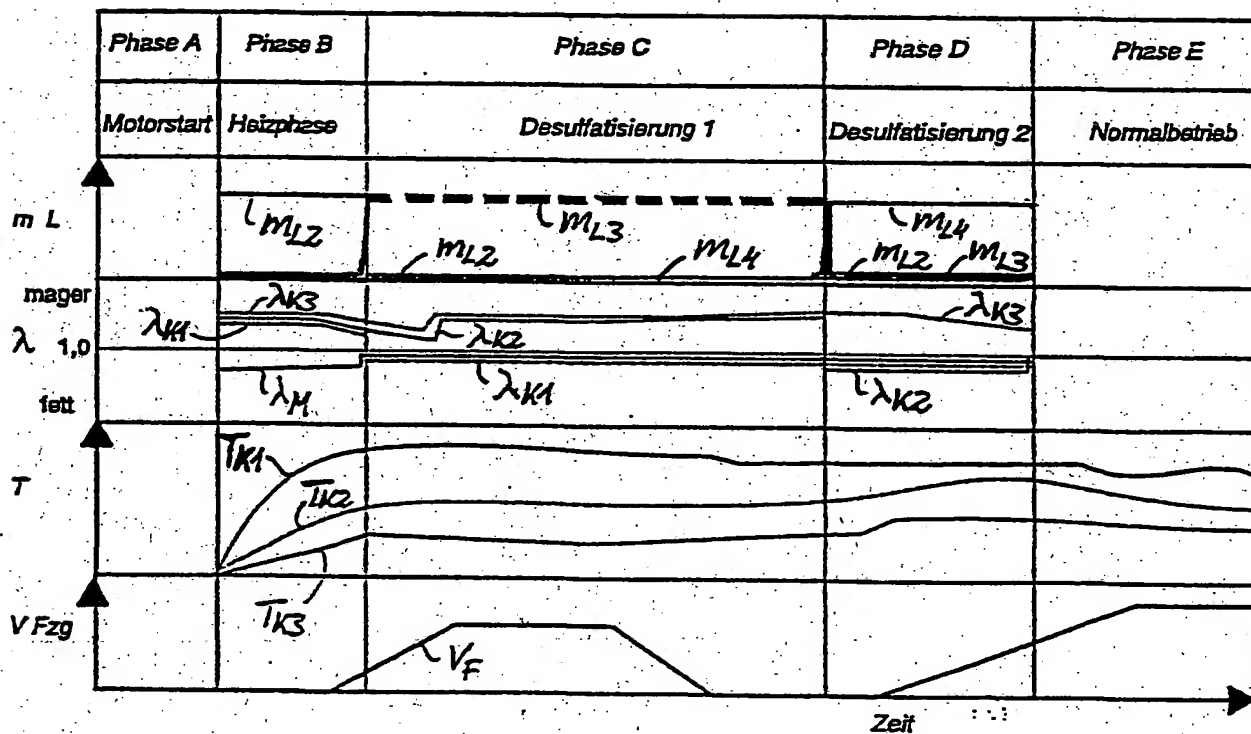
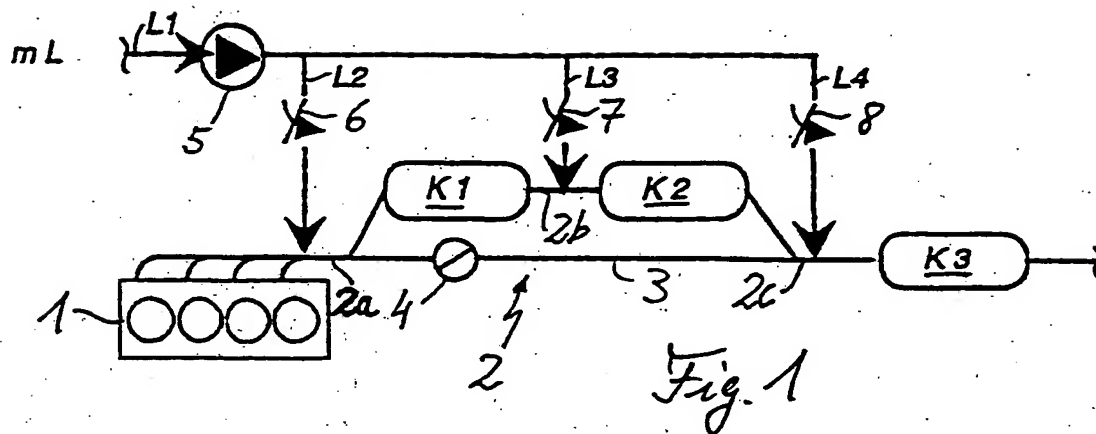


Fig. 2